

การวิเคราะห์ mediation model และ Moderation model

รองศาสตราจารย์ ดร. มন্ত্রী พิริยะกุล

ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง

บรรยายที่ศูนย์จัดการความรู้และถ่ายทอดผลงานวิจัย

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

วันที่ 22 กันยายน 2564

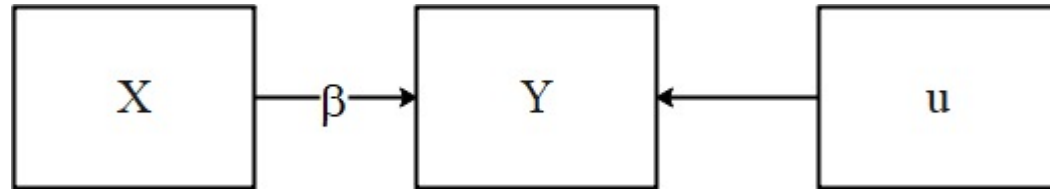
ซอฟต์แวร์ที่ใช้

1. ADANCO หรือ Smart PLS หรือ RISREL หรือ AMOS
2. Edraw หรือซอฟต์แวร์วาดภาพอื่นใช้วาดภาพประกอบการวิจัย
3. PROCESS ใช้วิเคราะห์ mediation analysis, moderation analysis, moderated mediation analysis ตาม PROCESS template ที่กำหนด ให้ใช้ ADANCO หรือ Smart PLS หรือ RISREL หรือ AMOS ตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ แต่ถ้าจะใช้วิเคราะห์ประกอบการวิจัยให้รัน PROCESS ด้วยเพราะ ADANCO หรือ Smart PLS หรือ RISREL หรือ AMOS ไม่ทดสอบสายโซ่เส้นทางทั้งเส้นแต่วิเคราะห์เฉพาะเส้นทางและไม่วิเคราะห์ conditional effect

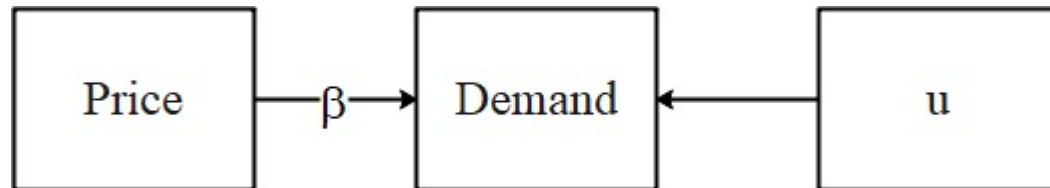
ความสัมพันธ์ระหว่าง SRA, MRA, PA และ SEM

Simple regression Analysis (SRA) สามารถเสนอตัวแบบเป็นภาพได้ดังนี้:

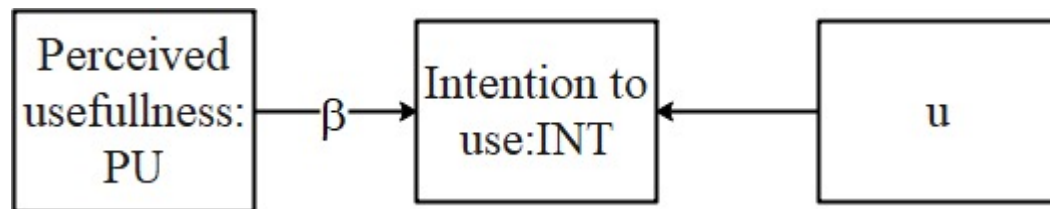
$$Y = \alpha + \beta X + u$$



ตัวอย่างเช่น Demand = $\alpha + \beta$ Price + u



Perceived Usefulness = $\alpha + \beta$ Perceived Usefulness + u



Simple Regression Analysis (SRA)

Standardized regression equation คือ SRA มีค่าสังเกต (X, Y) ที่แปลงเป็น standardized score (Z_1, Z_y)

โดยที่ $Z_1 = \frac{x_i - \bar{X}}{s_1}$ และ $Z_y = \frac{Y_i - \bar{Y}}{s_y}$ ตัวแบบคือ

$$Z_y = \rho_1 Z_1 + z_u ; -1 \leq \rho_1 \leq 1$$

ρ_1 คือสหสัมพันธ์ระหว่าง X กับ Y แปลผลได้ว่าถ้า X เพิ่มขึ้น 1 SD_x จะส่งผลให้ Y มีค่าเพิ่มขึ้น (หรือลดลงถ้ามีค่าลบ) $\rho_1 * SD_y$

Multiple Regression Analysis (MRA)

regression model คือ

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_k X_k + u; -\infty \leq \beta_j \leq \infty$$

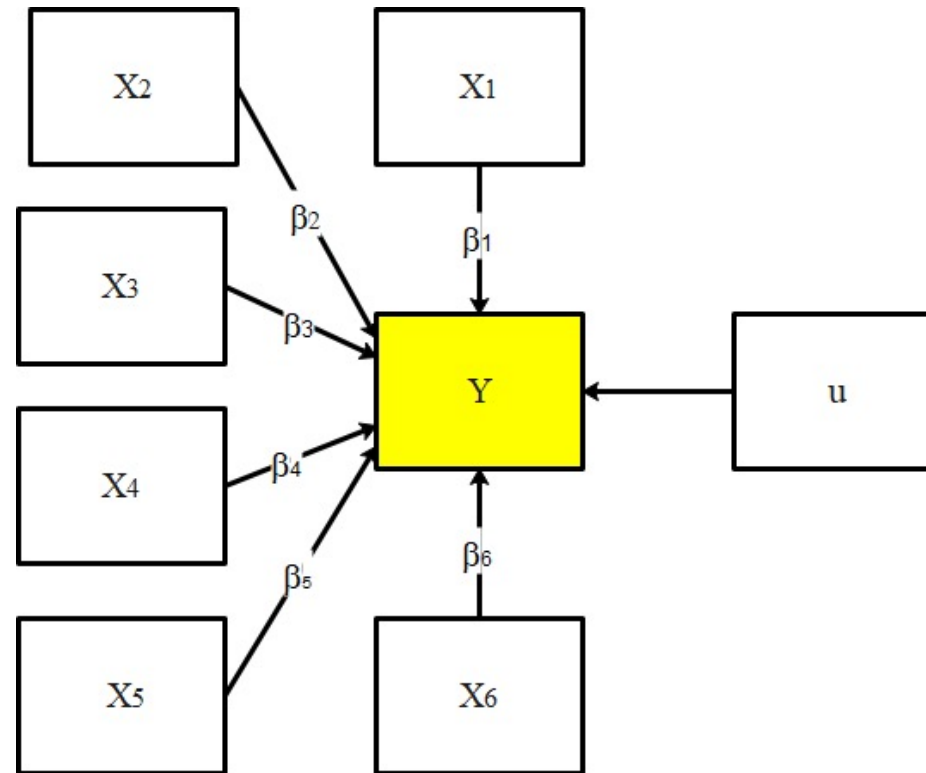
standardized model คือ

$$Z_y = \rho_1 Z_1 + \rho_2 Z_2 + \dots + \rho_k Z_k + u; -1 \leq \rho_j \leq 1$$

Multiple Regression Analysis (MRA)

Graphic representation ของ regression model

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_5 X_5 + u \quad \text{คือ}$$



Multiple Regression Analysis (MRA)

Regression coefficient อ่านผลแบบเดียวกันใน SRA,

$\beta_j = \frac{\Delta Y}{\Delta X_j}$ = อัตราเปลี่ยนของ Y เมื่อ X_j เปลี่ยนแปลงค่าไป 1 หน่วยเมื่อ IV อื่นมีค่าคงที่

ρ_j คือสหสัมพันธ์ระหว่าง X_j กับ Y แปลผลได้ว่าถ้า X เพิ่มขึ้น 1 SD_j จะส่งผลให้ Y มีค่าเพิ่มขึ้น (หรือลดลงถ้า มีค่าลบ) $\rho_j * SD_y$

$\rho_i > \rho_j$ แปลผลว่า X_j มีอิทธิพลต่อ Y มากกว่า X_j

$R^2 = \frac{\sum_1^n \hat{y}_i^2}{\sum_1^n y_i^2}$ = % ความผันแปรในค่าของ Y ที่ X_s สามารถอธิบายได้, $0 \leq R^2 \leq 1$

Multiple Regression Analysis (MRA)

คุณภาพตัวแบบการถดถอย

1. เครื่องหมายของ สปส การถดถอย (sign) ตรงตามบริบท เครื่องหมายลบแปลว่าการเปลี่ยนแปลงสวนทางกัน เครื่องหมายบวกแปลว่าการเปลี่ยนแปลงไปในทางเดียวกัน
2. ขนาดค่า สปส การถดถอย (size) ลดหลั่นสอดคล้องกับวรรณกรรม
3. มีนัยสำคัญสอดคล้องกับวรรณกรรม (significant)

H: $\rho_j \neq 0$ เป็นจริงตามวรรณกรรม (p-value $\leq 0.10, 0.05, 0.01$ หรือ $|t| \geq 1.65, 1.96, 2.58$ โดยที่

$$t_j = \frac{\hat{\beta}_j}{se_j} \text{ ใช้ทดสอบ } H_0: \beta_j = 0 \text{ vs } H_1: \beta_j \neq 0 \text{ (หรือ } \rho_j \neq 0 \text{)}$$

4. No multicollinearity, no serial correlation, no heteroscedastic variance, no non-normality of residual

Multiple Regression Analysis (MRA)

Multicollinearity ในที่นี้แนะนำ VIF

$$R_j^2 \text{ จาก } X_j = f(X_1, X_2, \dots, X_{j-1}, X_{j+1}, \dots, X_k) ; j = 1, 2, 3, \dots, k$$

ถ้า R_j^2 มีค่าเท่ากับ 0.70 ถึง 0.85 จะมีผลให้ $VIF_j = \frac{1}{1-R_j^2}$ มีค่าเท่ากับ 3.33 ถึง 6.67

$R_j^2 = .70$ หมายถึง 70% ของความผันแปรในค่าของ X_j เกิดจากตัวแปรอิสระอื่นๆ

$R_j^2 = .80$ หมายถึง 80% ของความผันแปรในค่าของ X_j เกิดจากตัวแปรอิสระอื่นๆ

$R_j^2 = .85$ หมายถึง 85% ของความผันแปรในค่าของ X_j เกิดจากตัวแปรอิสระอื่นๆ

ใน SEM ถ้า VIF (variance inflation factor) ของตัวชี้วัดใดๆมีค่าสูงเกินเกณฑ์เหล่านี้ การรันอาจไม่พบคำตอบ (converge)

Multiple Regression Analysis (MRA)

เกณฑ์คุณภาพตัวแบบการถดถอย

$$R^2_{\text{include } X_j} = \frac{\sum_1^n \hat{y}_i^2}{\sum_1^n y_i^2} = \text{สัดส่วนความผันแปรของ } Y \text{ ที่อธิบายโดย } X_1, X_2, \dots, X_k; 0 \leq R^2 \leq 1$$

(มี X_j ในตัวแบบ)

$$R^2_{\text{exclude } X_j} = \frac{\sum_1^n \hat{y}_i^2}{\sum_1^n y_i^2} = \text{สัดส่วนความผันแปรของ } Y \text{ ที่อธิบายโดย } X_1, X_2, \dots, X_k; 0 \leq R^2 \leq 1$$

(ไม่มี X_j ในตัวแบบ);

$$\text{Effect size } f_j^2 = \frac{R^2_{\text{include } X_j} - R^2_{\text{exclude } X_j}}{1 - R^2_{\text{include } X_j}} = \frac{R^2_{\text{change of } X_j}}{1 - R^2_{\text{include } X_j}}$$

f_j^2 ใช้แสดงความสำคัญของตัวแปรอิสระ X_j . โดย Cohen's (1988) แนะนำไว้ดังนี้

$f^2 \geq 0.02$, $f^2 \geq 0.15$, $f^2 \geq 0.35$ หมายถึง small effect sizes, medium effect sizes และ large effect sizes

Path Analysis (PA) หรือ Path Model (PM)

PA คือเครือข่ายของตัวแปรที่เชื่อมโยงถึงกันตามทฤษฎีและผลการวิจัยปัจจุบัน โดยตัวแปรเชื่อมถึงกันด้วยสมการถดถอย

สมมุติผลจากการทบทวนวรรณกรรมพบว่าตัวแปร Job performance (JP), job satisfaction (JS), organization commitment (OC) and Organization justice (OJ) สัมพันธ์กันดังนี้

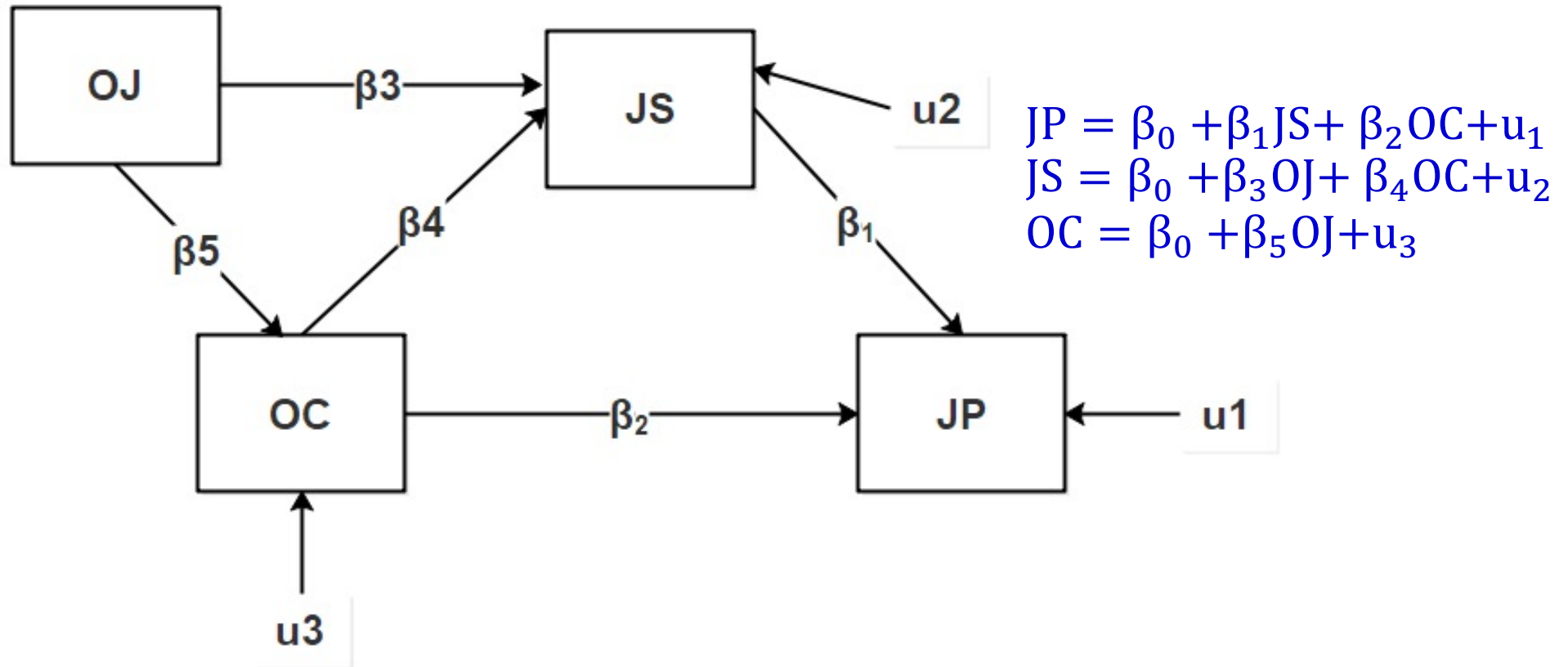
$$JP = \beta_0 + \beta_1 JS + \beta_2 OC + u_1$$

$$JS = \beta_0 + \beta_3 OJ + \beta_4 OC + u_2$$

$$OC = \beta_0 + \beta_5 OJ + u_3$$

Path Analysis (PA)

สมการทั้ง 3 สามารถพัฒนาเป็นเครือข่ายตัวแปรเป็น path model ได้ดังภาพ และจากภาพเส้นทางสามารถนำเสนอเป็นสมการถดถอยได้เช่นกัน



Path Analysis (PA)

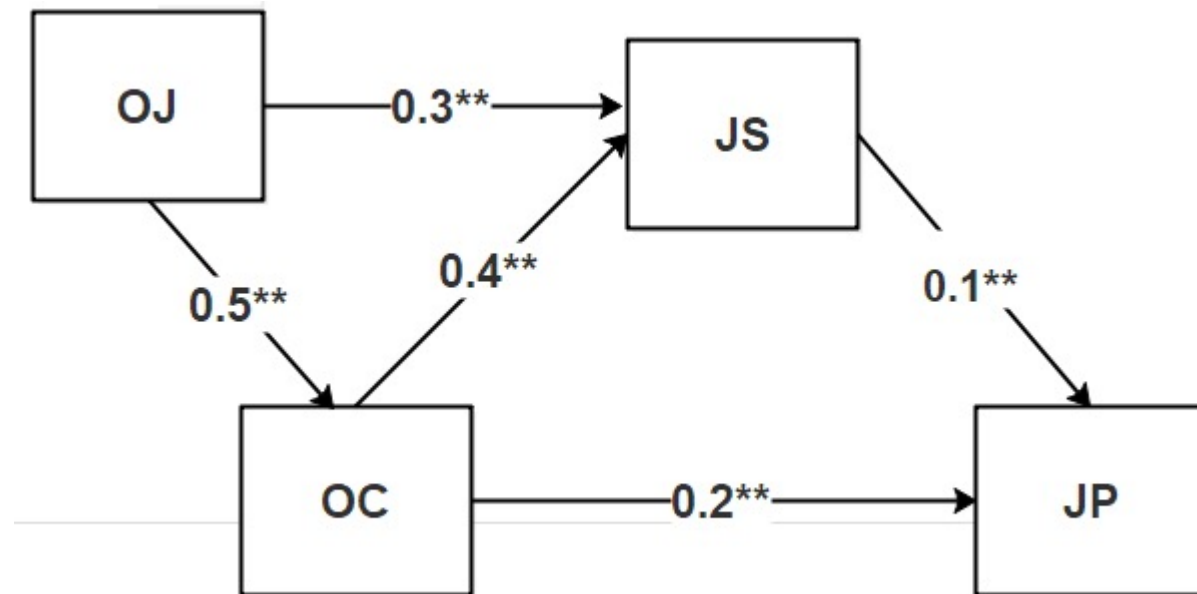
จากสมการถดถอยทั้ง 3 เมื่อรันผ่านซอฟต์แวร์สถิติสมมุติพบค่าประมาณดังนี้

$$JP = \beta_0 + \beta_1 JS + \beta_2 OC + u_1$$

$$JS = \beta_0 + \beta_3 OJ + \beta_4 OC + u_2$$

$$OC = \beta_0 + \beta_5 OJ + u_3$$

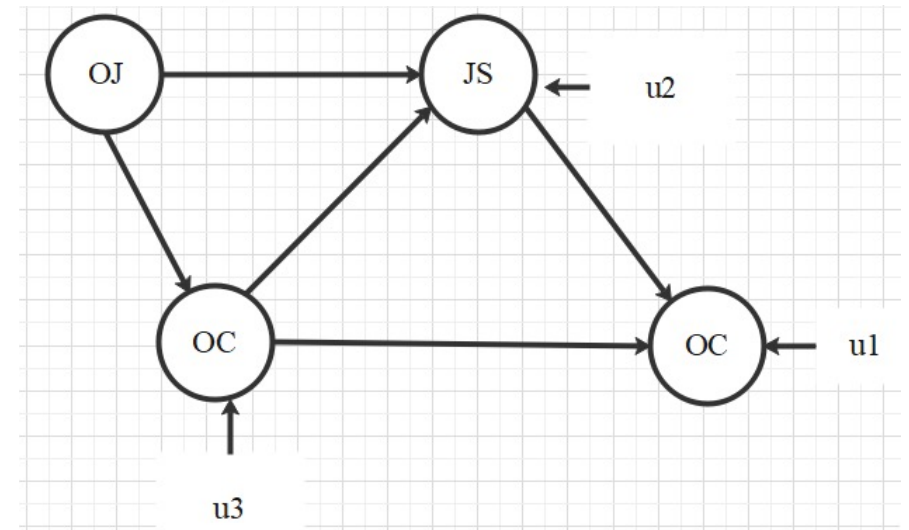
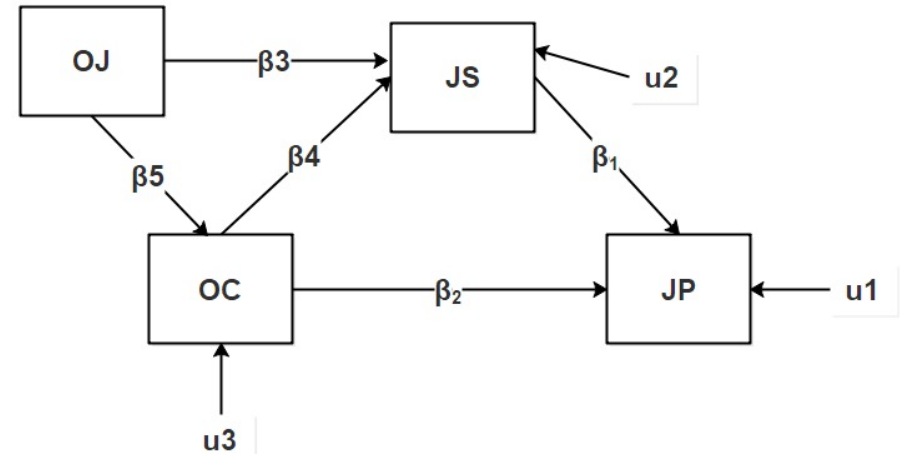
$\hat{\rho}_1 = 0.1$, $\hat{\rho}_2 = 0.2$, $\hat{\rho}_3 = 0.3$, $\hat{\rho}_4 = 0.4$, $\hat{\rho}_5 = 0.5$ และมีนัยสำคัญที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 เมื่อนำไปแทนที่ใน $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4, \beta_5$ จะปรากฏผลดังนี้



Path Analysis (PA) และ Structural Equation Modeling (SEM)

1. ถ้าตัวแปรสามารถวัดค่าได้โดยตรง หรือวัดผ่านตัวชี้วัด และแปลงค่าเป็นยอดรวม หรือ Z-score หรือค่าเฉลี่ย หรือ factor score (construct score) จะได้ตัวแบบเส้นทาง (Path analysis--PA หรือ Path model--PM).

2. ถ้าตัวแปรเป็นมโนทัศน์ (latent variable--LV, concept, trait) ซึ่งไม่สามารถวัดค่าได้โดยตรง ต้องวัดผ่านตัวชี้วัด (index, dummy, manifest variable) และผู้วิจัยต้องการนำเสนอสมการการวัด (measurement model) ด้วย จะได้ตัวแบบ structural equation model--SEM.



Research design for SEM

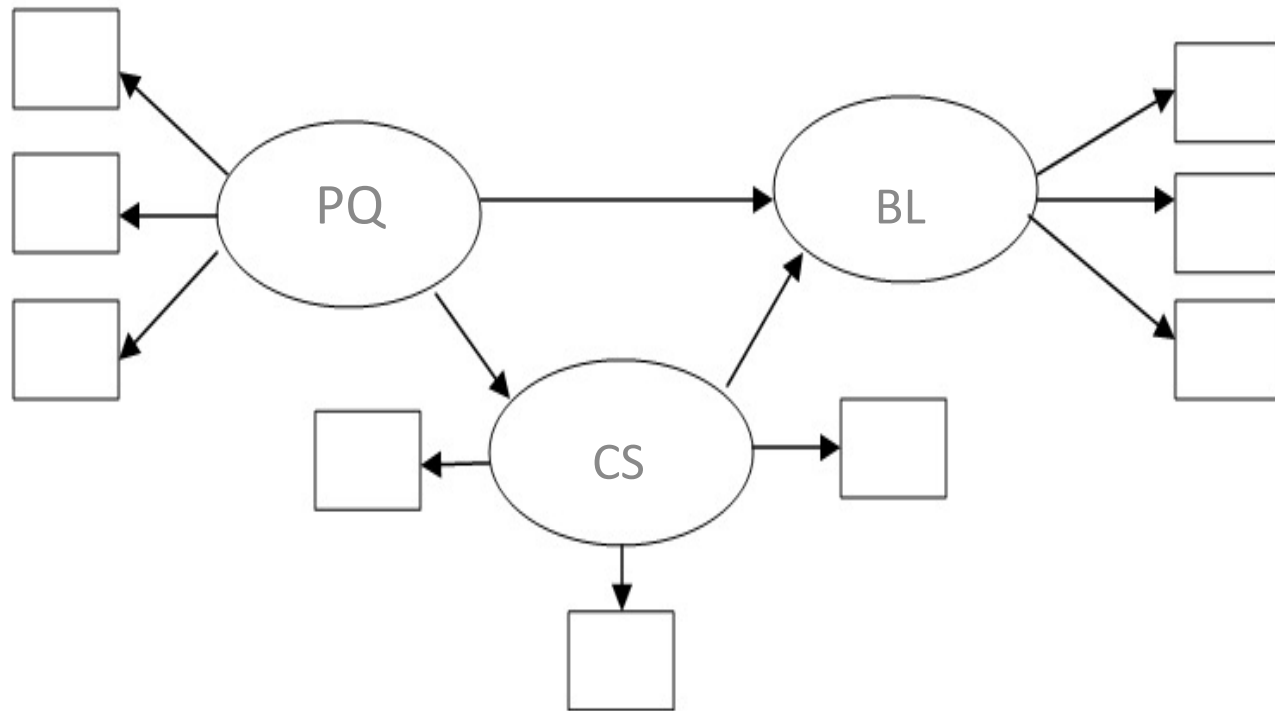
1. Causality/Causation model
 - 1) recursive model
 - 2) reciprocal model หรือ non-recursive model
 - 3) second order model หรือ third order model
2. Mediation model
3. Moderation model
4. Integrated moderation and mediation model
5. Multilevel SEM
 - 1) Multilevel mediation model
 - 2) Multilevel moderation model

Research design for SEM

1. causality

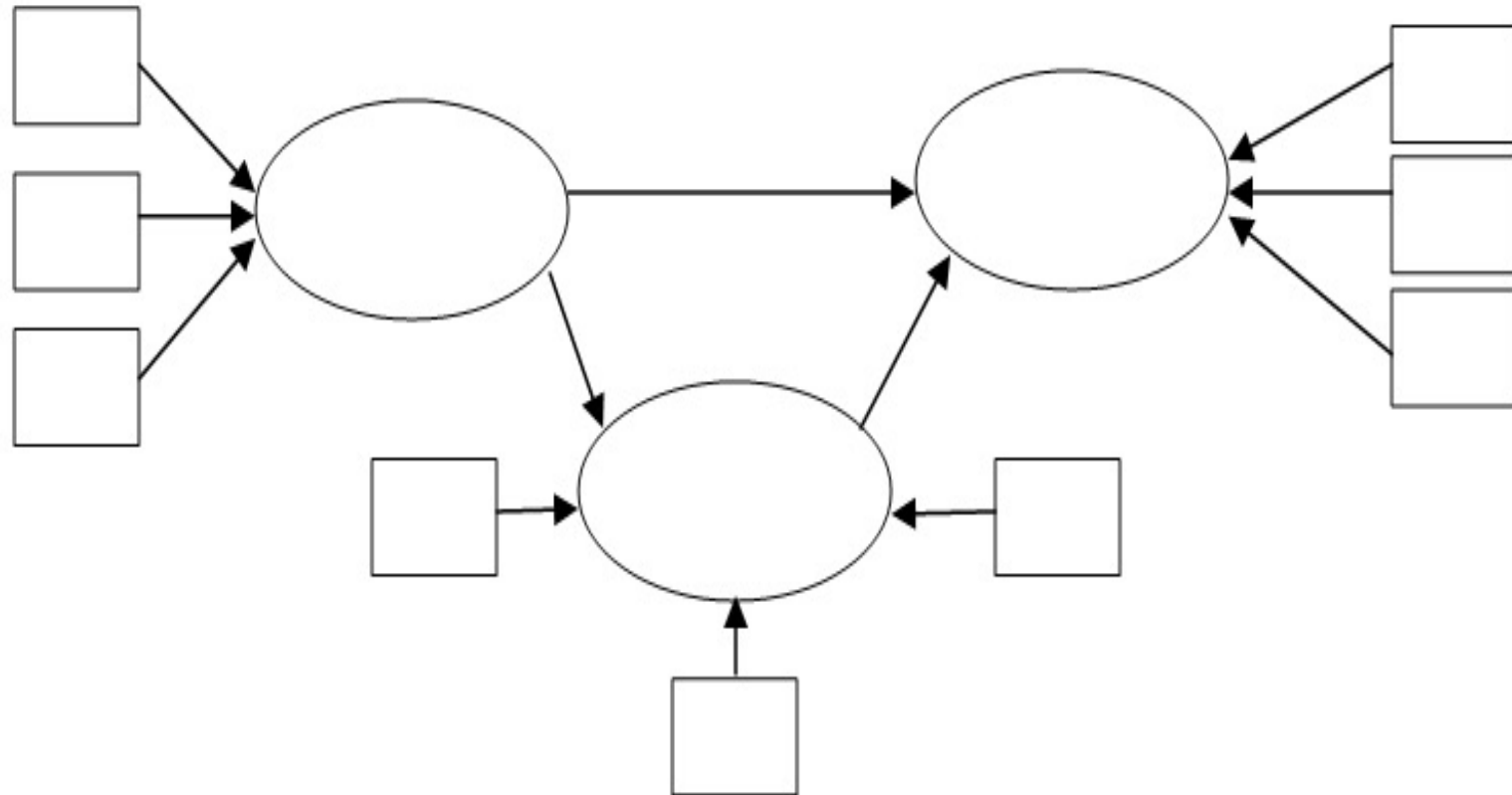
Causality คือความเชื่อมโยงระหว่างตัวแปรเป็นเครือข่าย ทุกเส้นทางเชื่อมโยงตามทฤษฎีและ/หรืองานวิจัย มีจุดมุ่งหมายเพื่อยืนยันว่าความสัมพันธ์ตามเส้นทางแต่ละเส้นทางยังคงเป็นจริงแม้จะอยู่ในบริบทที่แตกต่างจากเดิม

1) Recursive structural model, reflective measurement model



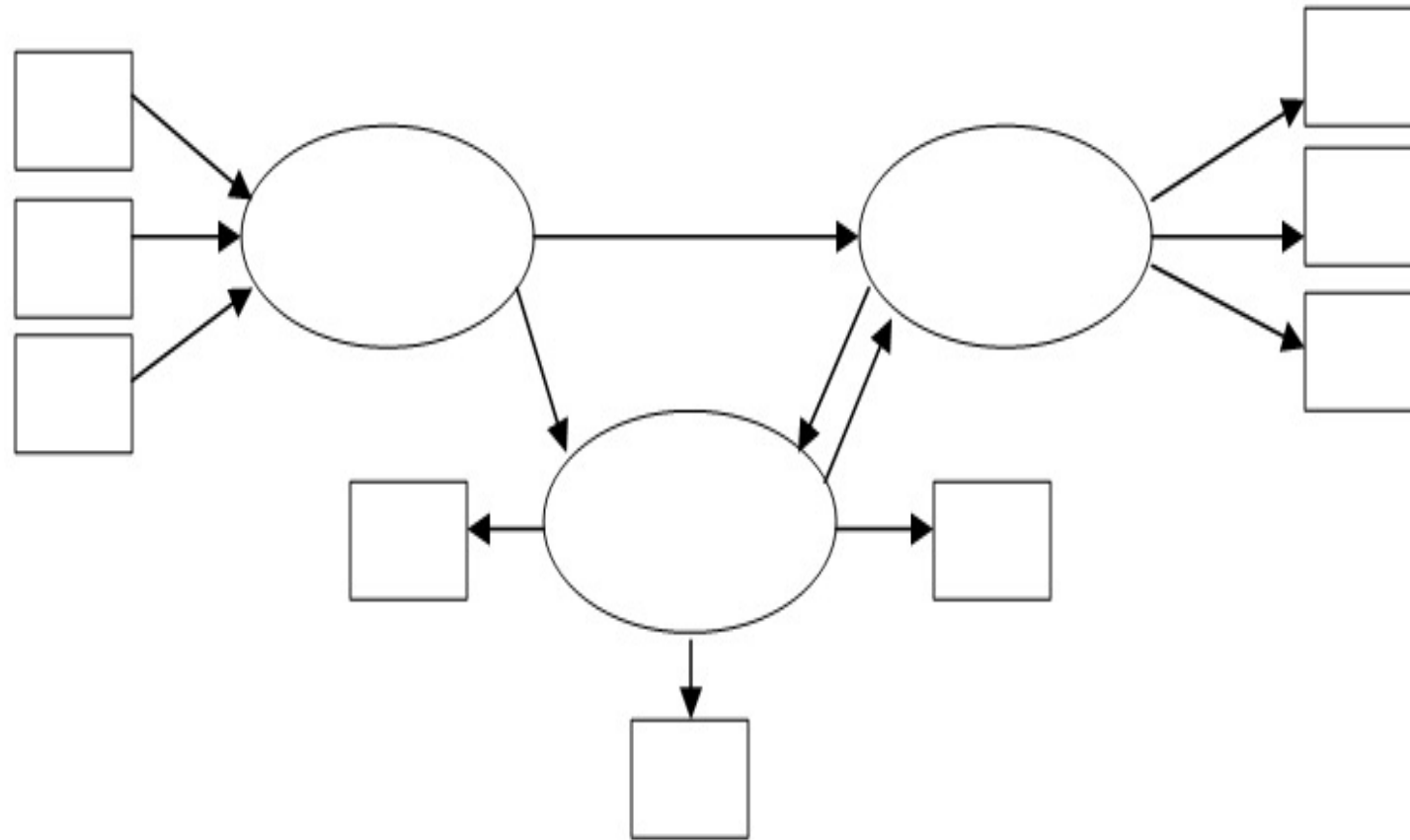
Research design for SEM

2) Recursive structural model, formative measurement model



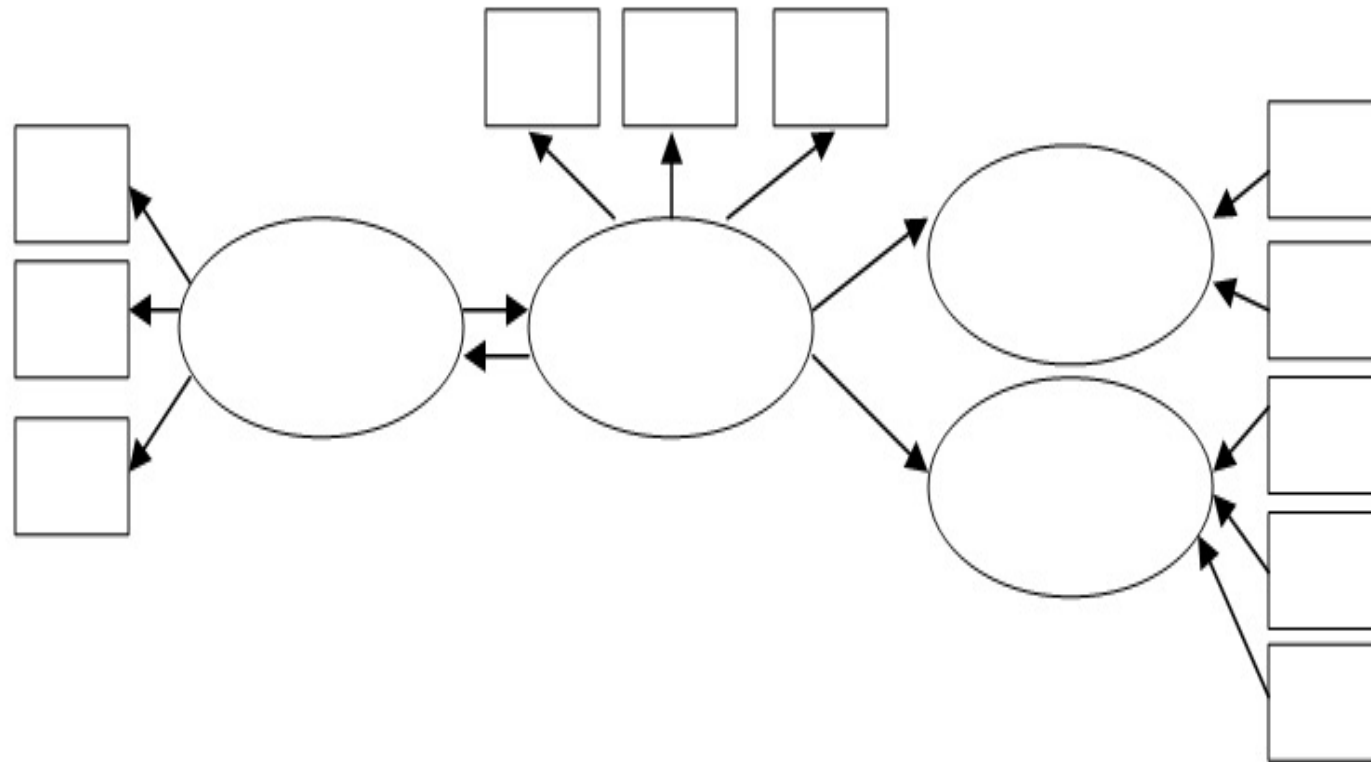
Research design for SEM

3.1) Non-recursive structural model, mixed measurement



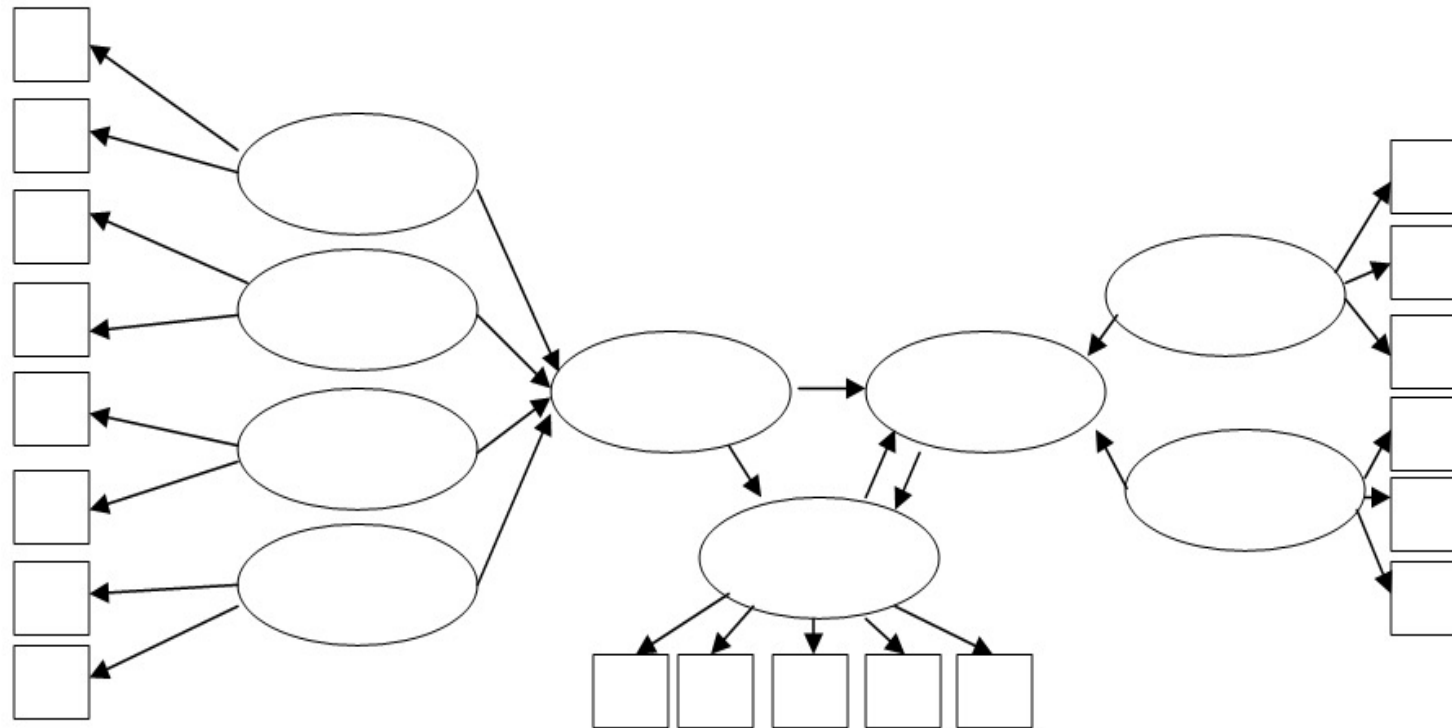
Research design for SEM

3.2) Non-recursive structural model, mixed measurement model

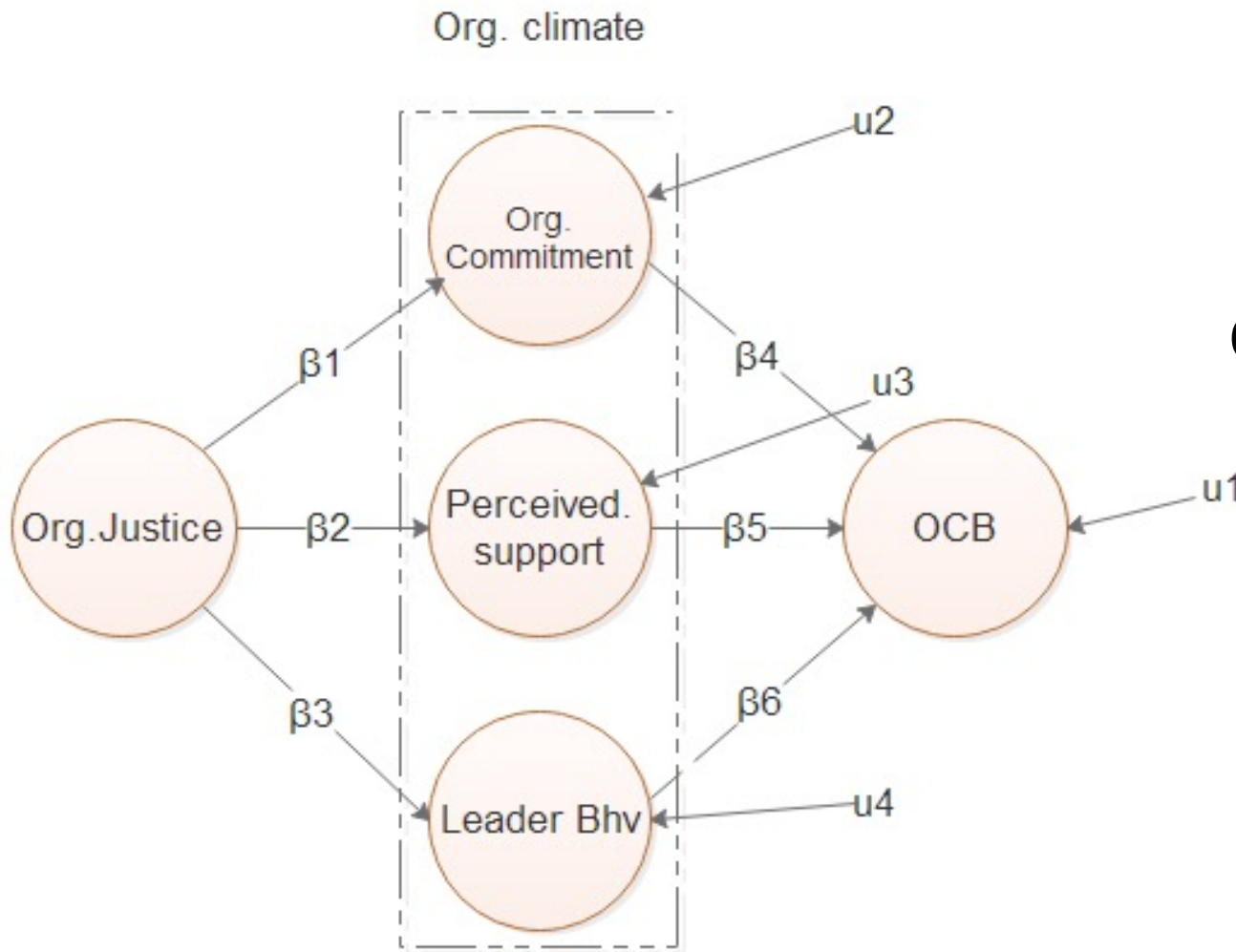


Research design for SEM

3.3) Second order formative feedback structural model, reflective measurement model (2nd order or 3rd order model is a multi-dimensional construct or multiple-facet construct where each sub-dimension reflects the following related dimension)



4. Mediation and multiple mediation model



$$OCB = \beta_0 + \beta_4 OC + \beta_5 PS + \beta_6 LB + u_1$$

$$OC = \beta_0 + \beta_1 OJ + u_2$$

$$PS = \beta_0 + \beta_2 OJ + u_3$$

$$LB = \beta_0 + \beta_3 OJ + u_4$$

Mediation model

Mediator คือตัวแปรที่แฝงเร้นเชื่อมโยงปัจจัยสาเหตุสู่ปัจจัยผลลัพธ์ หมายความว่าอิทธิพลที่ปัจจัยสาเหตุ (X) มีผลกระทบต่อปัจจัยผลลัพธ์ (Y) นั้นอาจมิใช่มีผลเฉพาะทางตรงดังภาพ $X \rightarrow Y$ แต่อาจเป็นเพราะ

1. ต้องผ่านปัจจัยอื่นมาก่อนเป็นทอดๆ (serial mediation) หรือ
2. ผ่านปัจจัยต่างๆที่ค่อนข้างอิสระต่อกัน (parallel mediation)

Mediation model คือตัวแบบที่มุ่งศึกษาว่าตัวแปรสาเหตุ (antecedent) ส่งผลกระทบต่อตัวแปรผลลัพธ์ (output variable) อย่างไร (HOW) ส่งผลกระทบทางตรงหรือว่าต้องอ้อมผ่านปัจจัยใดบ้าง อ้อมผ่านอย่างไร

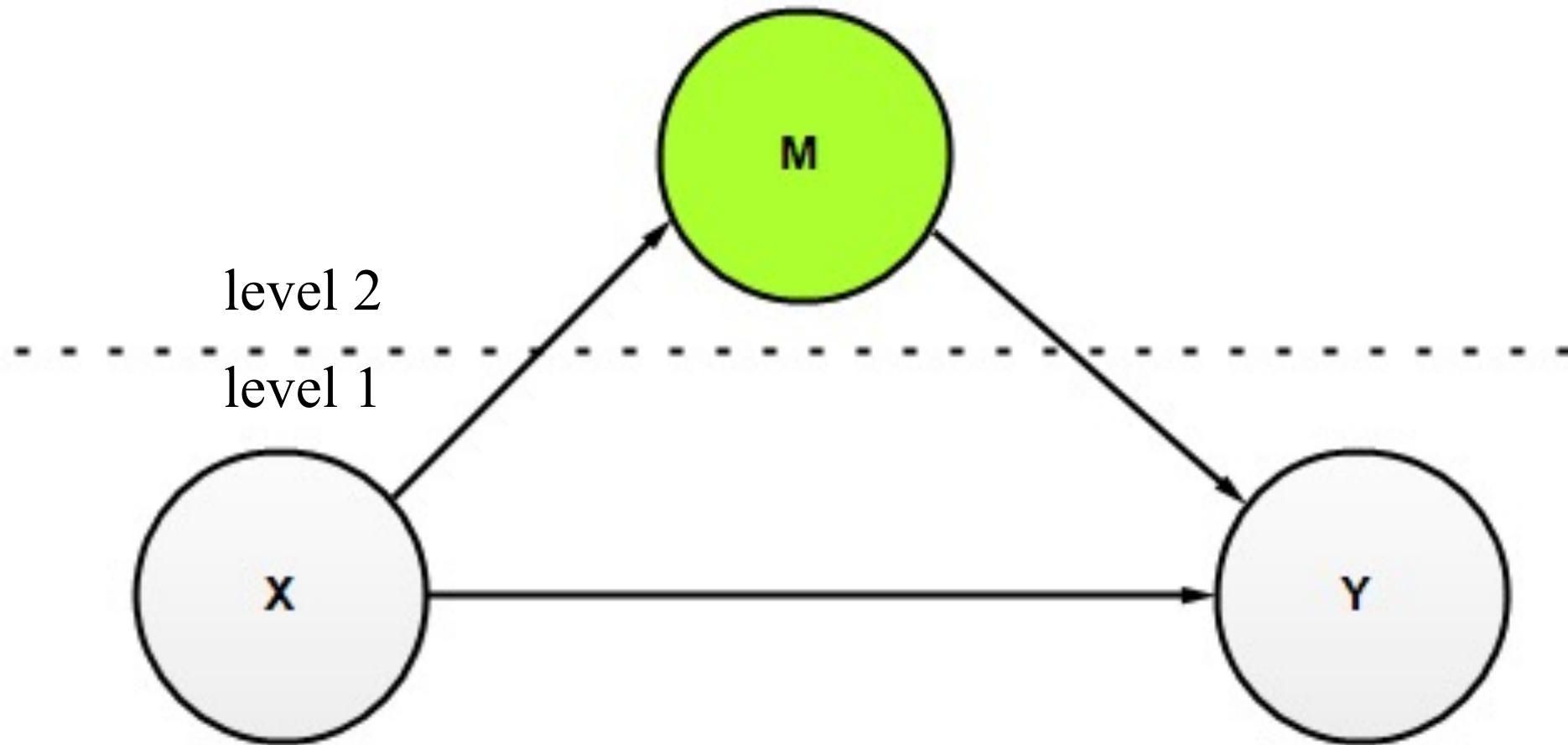
ถ้าต้องอ้อมผ่านปัจจัยใดเรียกกระบวนการนั้นว่า underlying mechanism ของ $X \rightarrow Y$

5. Moderation model

Moderator หรือ interaction หรือ conditional variable คือตัวแปร W ที่ซ่อนเร้นอยู่โดยที่ถ้ามีปฏิสัมพันธ์กับตัวแปรสาเหตุแล้วมีผลให้อิทธิพลตามเส้นทาง $X \rightarrow Y$ เปลี่ยนแปลงไปโดยรวมหรือ ณ บางค่า (pick-a-point) หรือบางช่วงของ W (Johnson-Neyman output) ของตัวแปรกำกับ

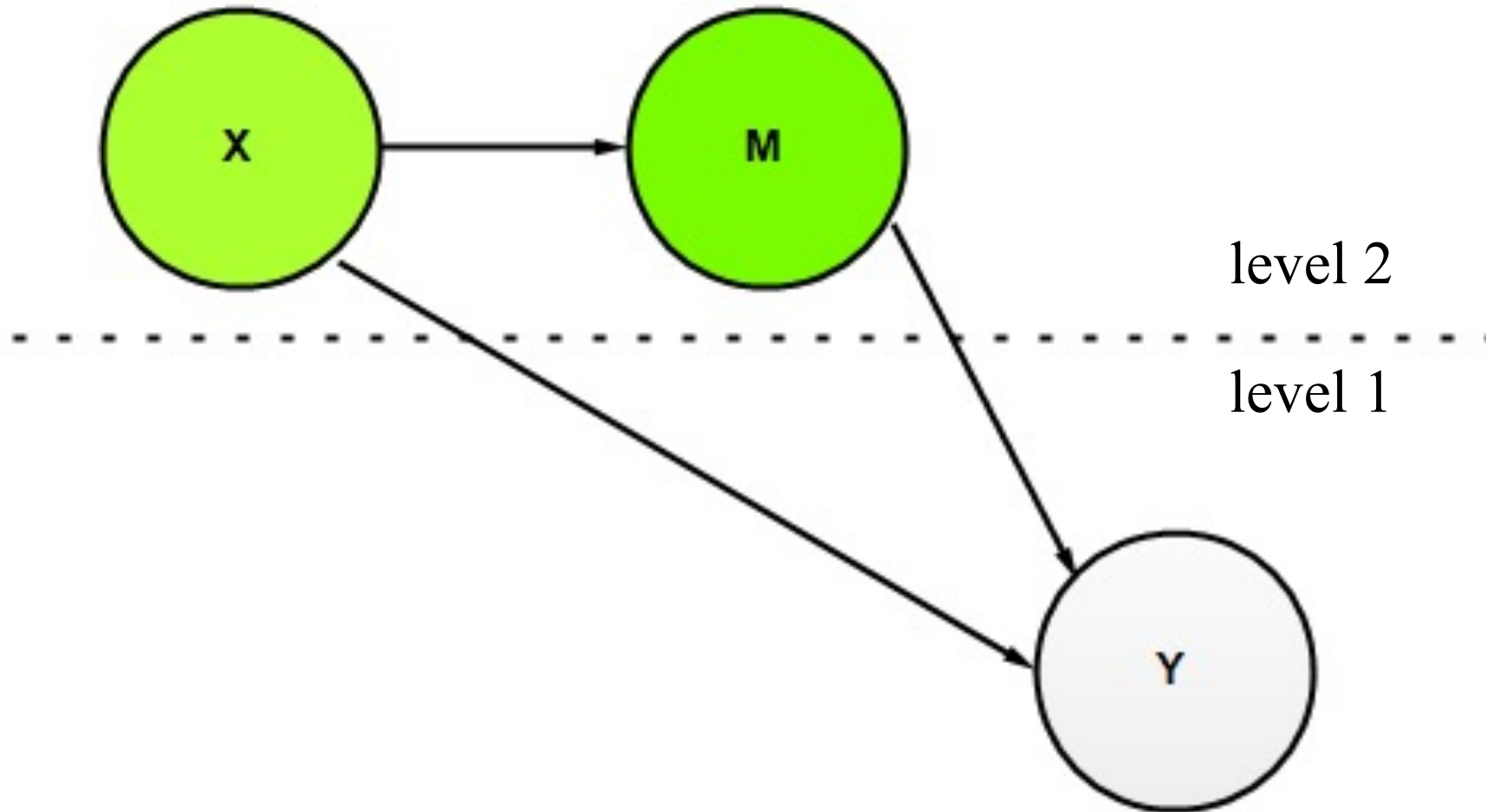
6. Multilevel Mediation (MLM)

1) กรณีนี 1-2-1 model



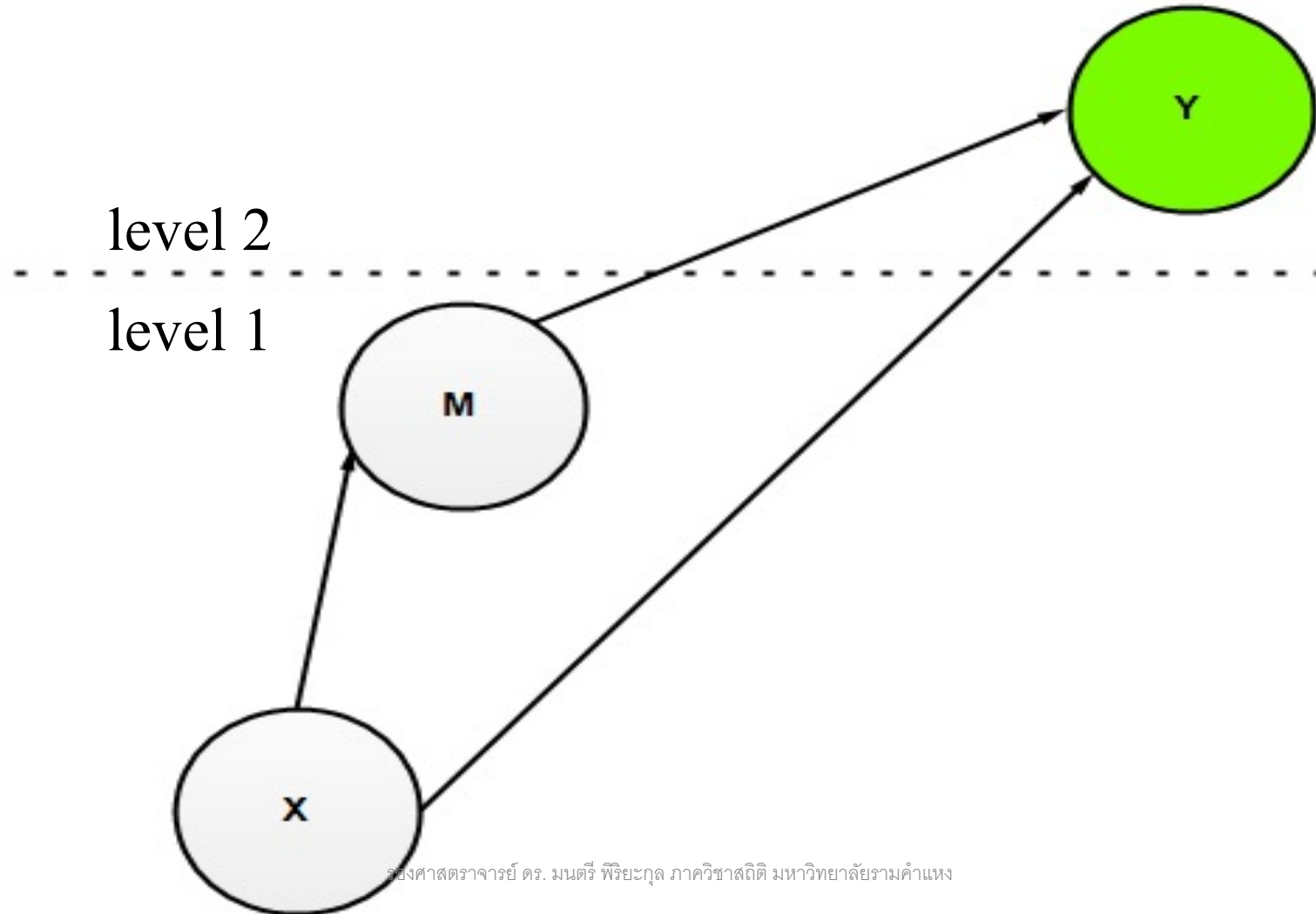
Multilevel Mediation (MLM)

2) กรณีสี่ 2-2-1 model



Multilevel Mediation (MLM)

3) กรณี 1-1-2 model



Mediation Analysis

อิทธิพลการคั่นกลาง (Mediation effect)

ตัวแปรคั่นกลาง คือตัวแปรที่แฝงเชื่อมโยงตัวแปร X กับ Y เข้าหากันทำให้มีความสัมพันธ์ต่อกันสูง สังเกตได้จากค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางสูงมากจนผิดสังเกต

1. สัมประสิทธิ์เส้นทางสูงกว่า 0.20 (Chin, 1998) หรือ
2. มีค่า VAF (Variable Account For) ดังนี้ (Hair et al., 2013, p.224)

1) ถ้า $VAF = \frac{\text{อิทธิพลทางอ้อม}}{\text{อิทธิพลทางตรง} + \text{อิทธิพลทางอ้อม}} \leq 0.20$ แสดงว่าไม่ต้องมีตัวแปรคั่นกลาง

2) ถ้าอัตราส่วน $VAF > 0.20$ แต่ไม่เกิน 0.80 แสดงว่าต้องมีตัวแปรคั่นกลางและต้องมีตัวอื่นอีกเพราะตัวแปรคั่นกลางที่พบนี้เป็นเพียงบางส่วน (partial mediation)

3) ถ้า $VAF > 0.80$ แสดงว่าตัวแปรคั่นกลางที่พบนี้ครบแล้ว (full mediation)

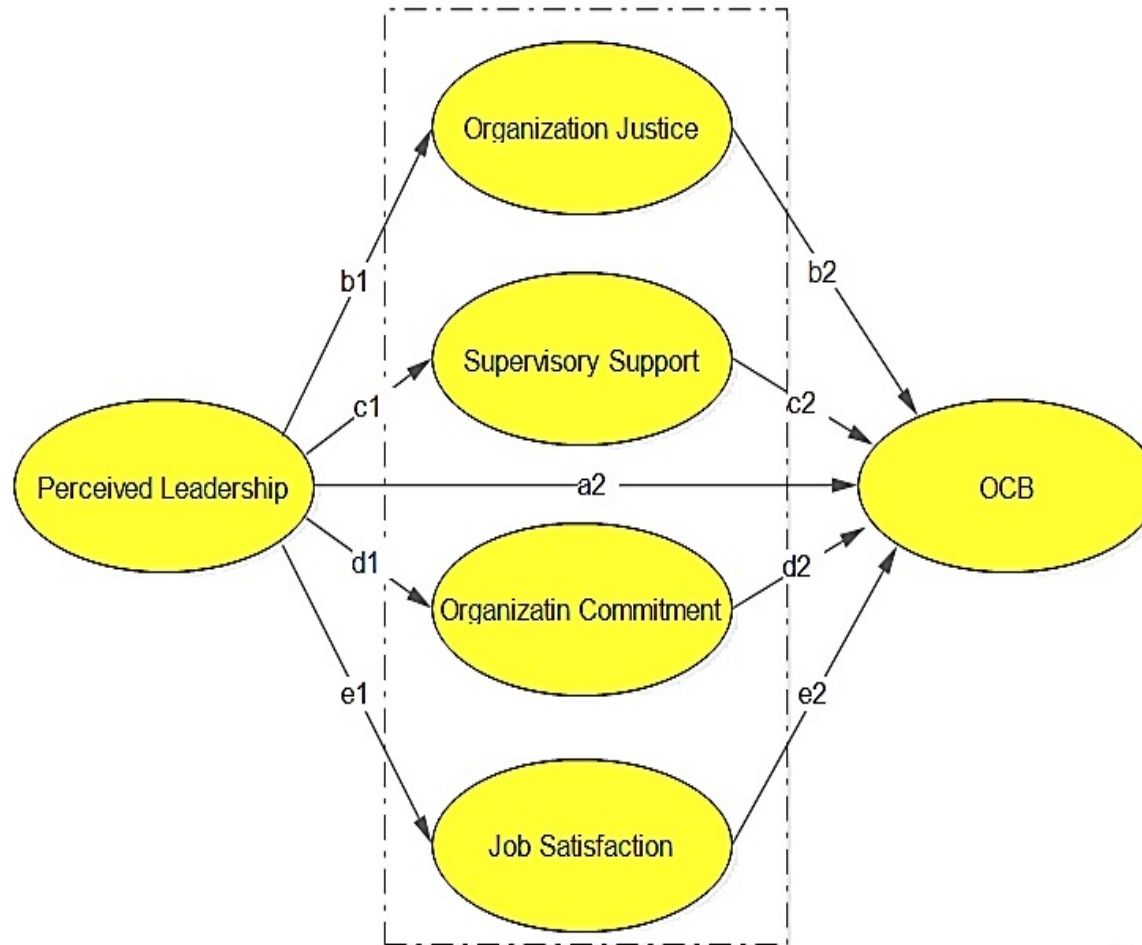
วิธีวิเคราะห์อิทธิพลการคั่นกลางเดียว

1. วิเคราะห์อิทธิพลรวม (Total effect) จากเส้นทาง $X \rightarrow Y$ ว่ามีค่าสูงผิดสังเกตหรือไม่
2. เพิ่มตัวแปรคั่นกลาง W แล้ววิเคราะห์
 - 1) อิทธิพลทางอ้อมมีนัยสำคัญหรือไม่ ถ้ามีนัยสำคัญแสดงว่า W เป็นตัวแปรคั่นกลาง
 - 2) อิทธิพลทางตรง (direct effect) ลดลงเป็น 0 หรือไม่
 - (1) ถ้าลดลงเป็น 0 แสดงว่า W เป็นตัวแปรคั่นกลาง
 - (2) ถ้าลดลงแต่ไม่เป็น 0 และมีนัยสำคัญ อีกทั้ง VAP มีค่าระหว่าง 0.20 ถึง 0.80 แสดงว่าจะยังมีตัวแปรคั่นกลางอื่นอีก ให้ทำ multiple mediation (ถ้าต้องการ)

วิธีวิเคราะห์อิทธิพลการคั่นกลางพหุ (multiple mediation) แบบขนาน

1. วิเคราะห์อิทธิพลรวม $X \rightarrow Y$ ว่ามีค่าสูงผิดสังเกตหรือไม่
2. เพิ่มตัวแปรคั่นกลาง W_1, W_2, \dots, W_k แล้ววิเคราะห์
 - 1) อิทธิพลทางอ้อมรวม ($a_1b_1 + a_2b_2 + \dots + a_kb_k$) มีนัยสำคัญหรือไม่ ถ้ามีนัยสำคัญแสดงว่า W_1, W_2, \dots, W_k เป็นตัวแปรคั่นกลาง
 - (1) ถ้าไม่มีนัยสำคัญแสดงว่า W บางตัวไม่มีนัยสำคัญ ให้ตรวจสอบอิทธิพลทางอ้อมทุกเส้นทาง
 - (2) นำเสนอค่าอิทธิพลทางอ้อมเรียงตามปริมาณ ค่าที่สูงกว่าแสดงว่าตัวแปรคั่นกลางตัวนั้นสำคัญกว่า
 - 2) อิทธิพลทางตรงลดลงเป็น 0 หรือไม่
 - (1) ถ้าลดลงเป็น 0 หรือไม่มีนัยสำคัญแสดงว่า W_1, W_2, \dots, W_k เป็นตัวแปรคั่นกลาง
 - (2) ถ้าลดลงแต่ไม่เป็น 0 และมีนัยสำคัญ อีกทั้ง VAP มีค่าระหว่าง 0.20 ถึง 0.80 แสดงว่าจะยังมีตัวแปรคั่นกลางอื่นอีก

parallel mediation



Research question คือ Y ได้รับอิทธิพลจาก X อย่างไร ต้องอ้อมผ่านปัจจัยอื่นหรือไม่

วิธีวิเคราะห์ห้อิทธิพลการคั่นกลางพหุ (multiple mediation) แบบขนาน

Research hypotheses คือ:

1. Total mediation effect aka total indirect effect คือ

$$H: b1*b2+c1*c2+d1*d2+e1*e2 \neq 0$$

2. Specific indirect effects คือ:

$$H: b1*b2 \neq 0$$

$$H: c1*c2 \neq 0$$

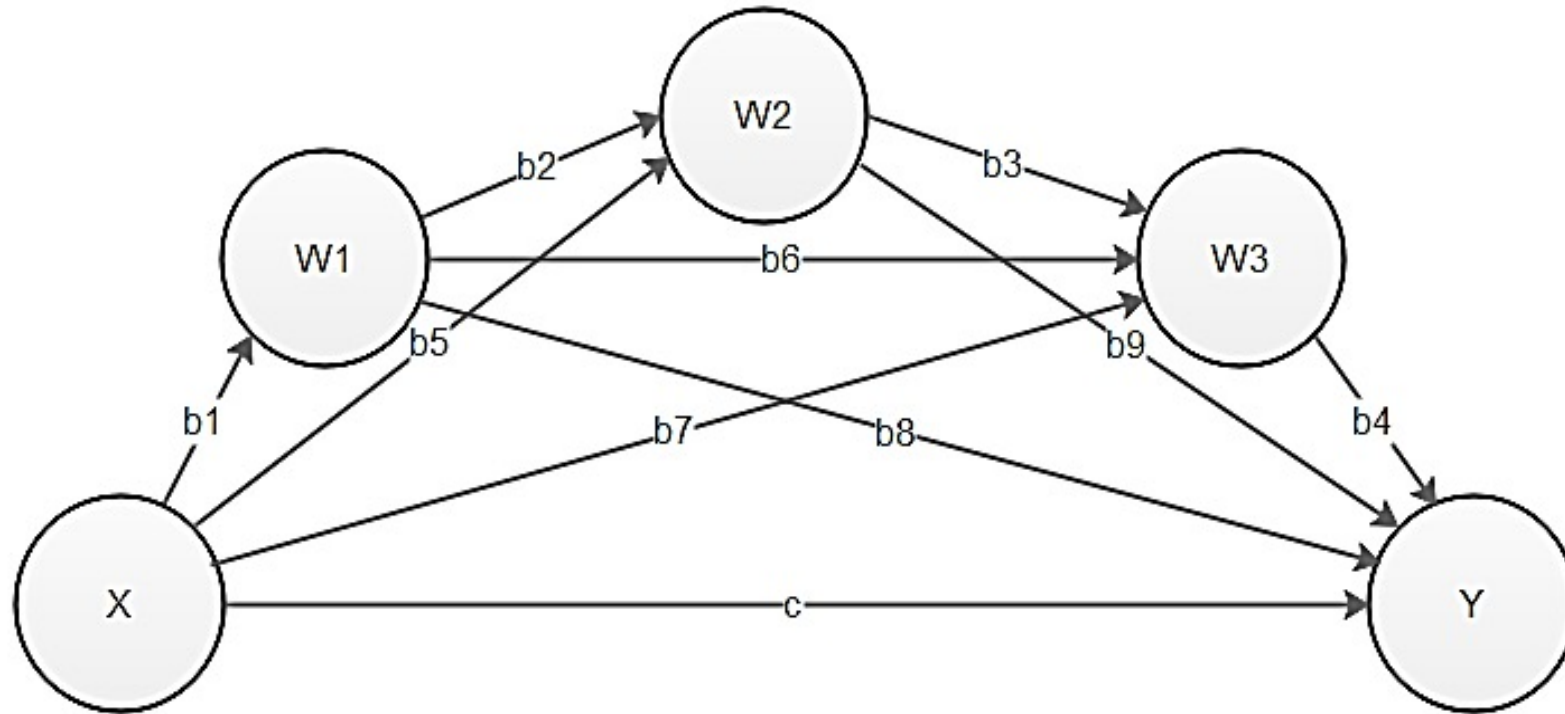
$$H: d1*d2 \neq 0$$

$$H: e1*e2 \neq 0$$

วิธีวิเคราะห์อิทธิพลการคั่นกลางพหุ (multiple mediation) แบบอนุกรม

1. วิเคราะห์อิทธิพลรวม $X \rightarrow Y$ ว่ามีค่าสูงผิดสังเกตหรือไม่
2. เพิ่มตัวแปรคั่นกลาง $W1, W2, W3$ (สมมติว่ามีตัวแปรคั่นกลาง 3 ตัว) แล้ววิเคราะห์
 - 1) อิทธิพลทางอ้อมตลอดสาย ($b_1 * b_2 * b_3 * b_4$) มีนัยสำคัญหรือไม่ ถ้ามีนัยสำคัญแสดงว่า $W1, W2, W3$ เป็นตัวแปรคั่นกลาง
 - (1) ถ้าไม่มีนัยสำคัญแสดงว่า W บางตัวไม่มีนัยสำคัญ ให้ตรวจสอบอิทธิพลทางอ้อมทุกเส้นทาง **เส้นทางการัด**
 - (2) นำเสนอค่าอิทธิพลทางอ้อมทุกเส้นทางเรียงตามปริมาณ ค่าที่สูงกว่าแสดงว่าทางนั้นสำคัญกว่า
 - 2) อิทธิพลทางตรงลดลงเป็น 0 หรือไม่
 - (1) ถ้าลดลงเป็น 0 หรือไม่มีนัยสำคัญแสดงว่า $W1, W2, W3$ เป็นตัวแปรคั่นกลาง
 - (2) ถ้าลดลงแต่ไม่เป็น 0 และมีนัยสำคัญ อีกทั้ง VAP มีค่าระหว่าง 0.20 ถึง 0.80 แสดงว่าะยังมีตัวแปรคั่นกลางอื่นอีก

วิธีวิเคราะห์ห้อิทธิพลการคั่นกลางพหุ (multiple mediation) แบบอนุกรม



Research question คือ Y ได้รับอิทธิพลจาก X อย่างไร ต้องอ้อมผ่านปัจจัยอื่นเป็นทอด ๆ หรือไม่ อย่างไร

วิธีวิเคราะห์ห้อิทธิพลการันกลางพหุ (multiple mediation) แบบอนุกรม

Research hypotheses คือ:

$$H: b_1 * b_2 * b_3 * b_4 \neq 0$$

$$H: b_1 * b_2 * b_9 \neq 0$$

$$H: b_1 * b_6 * b_4 \neq 0$$

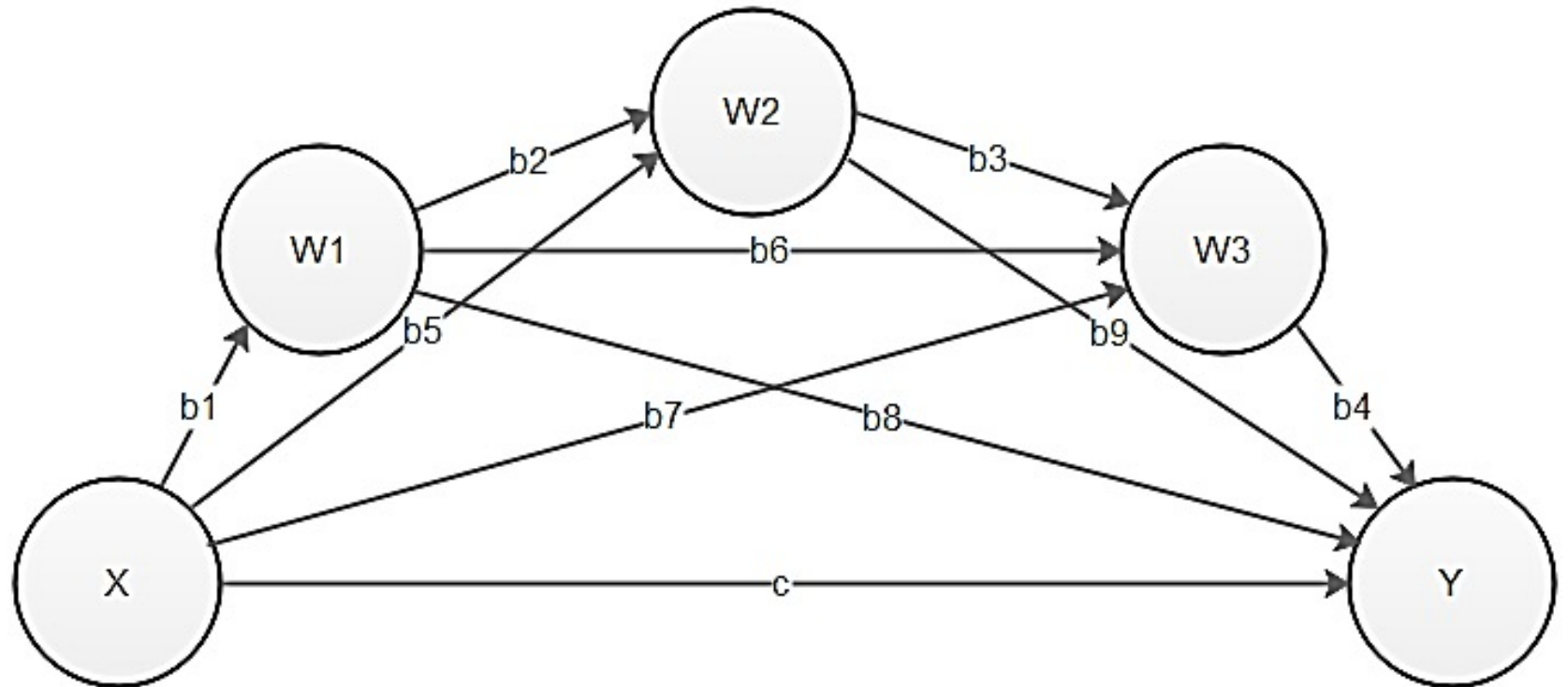
$$H: b_1 * b_8 \neq 0$$

$$H: b_5 * b_3 * b_4 \neq 0$$

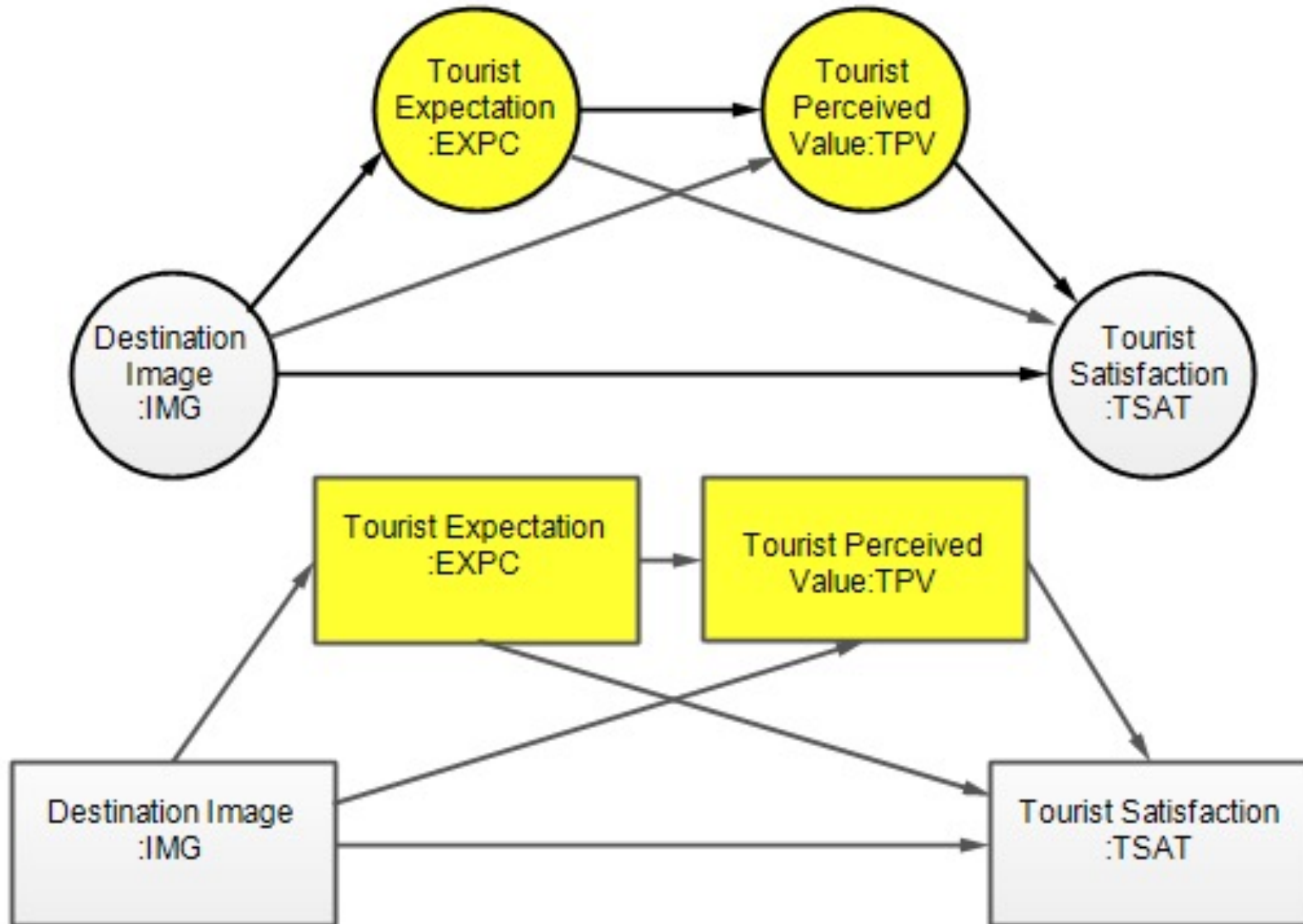
$$H: b_5 * b_9 \neq 0$$

$$H: b_7 * b_4 \neq 0$$

$$H: c \neq 0$$



ตัวอย่าง serial mediation model



Moderation Analysis

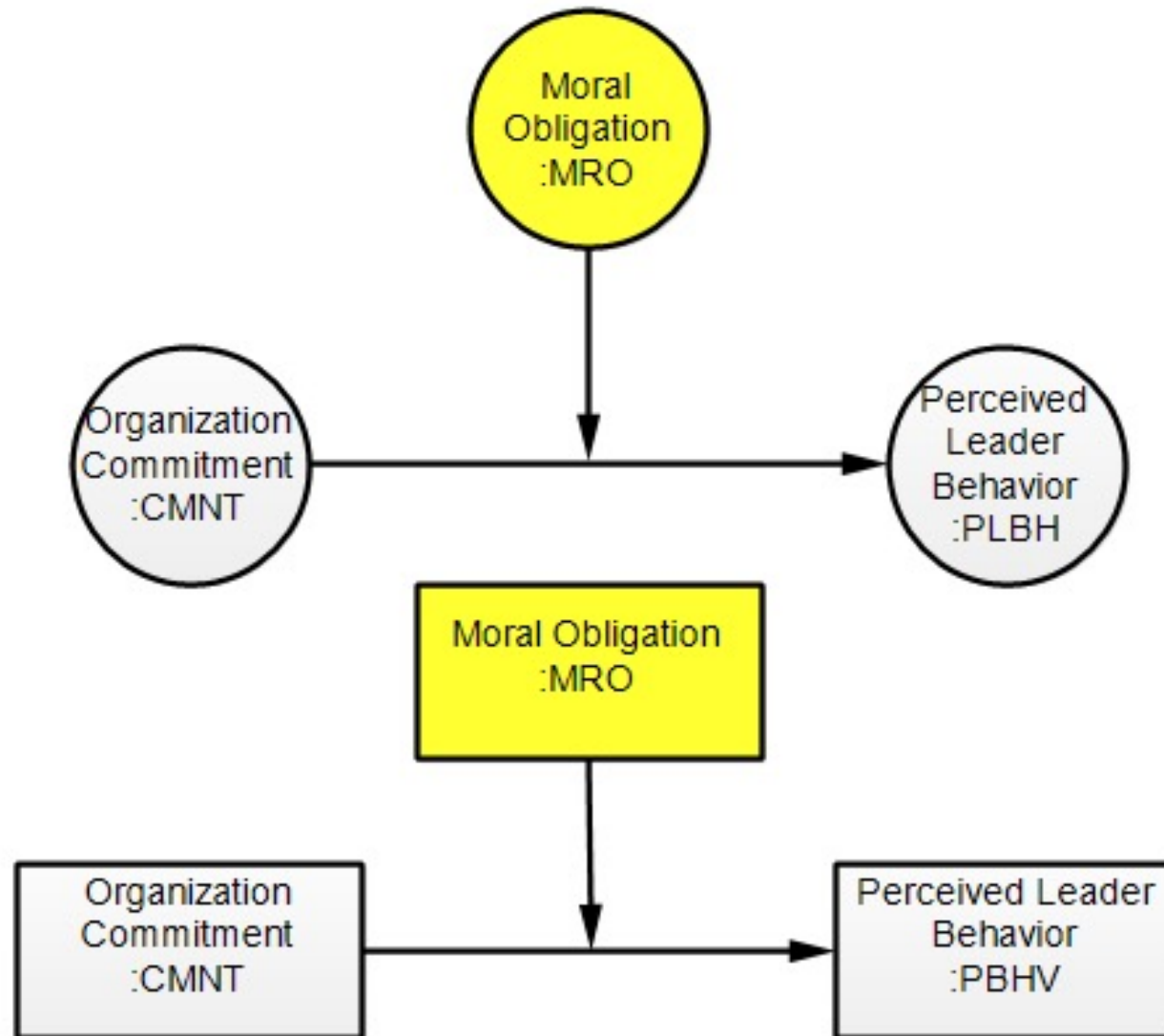
Moderation model

Moderation model ใช้ศึกษา **WHEN** คือ เมื่อ W มีค่าเท่าไรจึงจะมีผลให้ Y ได้รับผลกระทบจาก X มากที่สุด (หรือน้อยที่สุด ขึ้นอยู่กับบริบท)

1. ถ้าอิทธิพลของ W มีนัยสำคัญ W จะมีผลให้ อิทธิพลตามเส้นทาง $X \rightarrow Y$ เพิ่มขึ้น (สปส ของ $X*W$ มีเครื่องหมาย +) หรือลดลง (สปส ของ $X*W$ มีเครื่องหมาย -) และอิทธิพลตามเส้นทาง $X \rightarrow Y$ จะมีค่ามากเมื่อ W มีค่าในช่วงใด (Johnson-Neyman output)

2. ถ้าอิทธิพลของ $X*W$ ไม่มีนัยสำคัญ อิทธิพลตามเส้นทาง $X \rightarrow Y$ จะมีค่ามากหรือมีค่าปานกลาง หรือมีค่าน้อยเมื่อ W มีค่าเท่าไร (pick-a-point)

ตัวอย่าง Moderation model



มาตรวัดการรับรู้พฤติกรรมผู้นำ (บางส่วนจากจำนวน 18 ข้อ)

1. หัวหน้าใส่ใจความต้องการของลูกน้อง
2. หัวหน้าจะหาวิธีลูกน้องเสมอเมื่อมีปัญหา
3. หัวหน้ารับฟังความคิดเห็นของลูกน้อง
4. หัวหน้าจะขอคำแนะนำจากลูกน้องเรื่องการมอบหมายภารกิจ
5. หัวหน้าจะช่วยลูกน้องปฏิบัติภารกิจจนสำเร็จ

Goswami, A. and Goffnett, S. P. (2019), Path-Gold Leader's Behaviors and Subordinates' Personality: Resulting Subordinates' Behaviors, in Academy of Management Annual Meeting Proceedings, October 2014, 49 pp.

ขั้นตอนการวิเคราะห์ mediation model, moderation model, moderated mediation model

1. Data cleaning
2. วิเคราะห์คุณภาพเครื่องมือ (กรณี LIKERT type scale หรือ Semantic differential scale)
3. วิเคราะห์ตัวแบบด้วยซอฟต์แวร์ที่เหมาะสม
4. ถ้าผลการวิเคราะห์ข้อ 2. และ/หรือข้อ 3. ตกเกณฑ์หรือขัดแย้งกับทฤษฎีหรือบริบทให้วนกลับไปทำข้อ 1-3 ซ้ำจนกว่าจะได้ผลลัพธ์ที่ตรงเกณฑ์หรือสอดคล้องกับทฤษฎีหรือบริบท

เกณฑ์วัดคุณภาพตัวแบบ

Convergent validity

1. Measure of homogeneity คือในแต่ละบล็อکتัวชี้วัดจะต้อง covary

2. Loading $\geq .707$ หรือไม่น้อยกว่า 0.5 ต้องมีนัยสำคัญและมีผลให้ $AVE_q \geq 0.50$ คือ $AVE_q = \frac{1}{P_q} \lambda_{\xi_q \rightarrow x_{pq}}^2 \geq 0.50$

3. Cronbach's alpha $\alpha_q = \frac{\sum_{p \neq p'}^{P_q} \text{corr}(x_{pq}, x_{p'q})}{P_q + \sum_{p \neq p'}^{P_q} \text{corr}(x_{pq}, x_{p'q})} * \frac{P_q}{P_q - 1}$

เป็นการรวมค่าสหสัมพันธ์เข้าด้วยกันด้วยน้ำหนักเท่ากัน เกณฑ์คือ $\alpha_q \geq 0.7$

4. Composite Reliability (CR), Dillon-Goldstein's ρ , Joreskog's ρ

$$\rho_q = \frac{(\sum_{p=1}^{P_q} \lambda_{pq})^2}{(\sum_{p=1}^{P_q} \lambda_{pq})^2 + \sum_{p=1}^{P_q} (1 - \lambda_{pq}^2)}$$

เป็นการรวมค่า loading เข้าด้วยกันด้วยน้ำหนักเท่ากัน เกณฑ์คือ $\rho \geq 0.6$

5. ไม่มี multicollinearity ระหว่างตัวชี้วัด

เกณฑ์คุณภาพตัวแบบ

Discriminant validity

1. HTMT ratio < 1

$$\text{HTMT}_{ij} = \underbrace{\frac{1}{K_i K_j} \sum_{g=1}^{K_i} \sum_{h=1}^{K_j} r_{ig,jh}}_{\text{average heterotrait-heteromethod}} \div \underbrace{\left(\frac{2}{K_i(K_i-1)} \sum_{g=1}^{K_i-1} \sum_{h=g+1}^{K_i} r_{ig,ih} \cdot \frac{2}{K_j(K_j-1)} \sum_{g=1}^{K_j-1} \sum_{h=g+1}^{K_j} r_{jg,jh} \right)^{\frac{1}{2}}}_{\text{geometric mean of the average monotrait-heteromethod correlation of construct } \xi_i \text{ and the average monotrait-heteromethod correlation of construct } \xi_j}.$$

2. Cross loading แยกกลุ่ม ไม่ปะปน และมีค่าสูง

Jörg Henseler & Christian M. Ringle & Marko Sarstedt (2015), A new criterion for assessing discriminant validity in variance-based structural equation modeling J. of the Acad. Mark. Sci. (2015) 43:115–135

เกณฑ์คุณภาพตัวแบบ

ถ้าตัวแปรแฝงปลายทางได้รับผลกระทบมาจากตัวแปรแฝงต้นทาง k ตัว ดังนั้น Effect size

$$f_i^2 = \frac{R_{\text{included}}^2 - R_{\text{excluded}}^2}{1 - R_{\text{included}}^2}, i = 1, 2, 3, \dots, k$$

Effect size (f^2) ใช้วัด R^2 ของทุกเส้นทางที่พุ่งเข้าสู่ตัวแปรแฝงปลายทาง ใช้ควบกับ t-test เกณฑ์คือ

$$f_i^2 = 0.02 \text{ LV}_i \text{ ต้นทางมีความสำคัญน้อย}$$

$$f_i^2 = 0.15 \text{ LV}_i \text{ ต้นทางมีความสำคัญปานกลาง}$$

$$f_i^2 = 0.35 \text{ LV}_i \text{ ต้นทางมีความสำคัญมาก}$$

Lathan, H. and Ramli, N. A. (2013). The Results of Partial Least Squares-Structural Equation Modelling Analyses (PLS-SEM), Retrieved 1 June, 2018 from https://www.researchgate.net/profile/Hengky_Latan/publication/272304948_The_Results_of_Partial_Least_Squares-Structural_Equation_Modelling_Analyses_PLS-SEM/links/59e86340a6fdccfe7f8b49e9/The-Results-of-Partial-Least-Squares-Structural-Equation-Modelling-Analyses-PLS-SEM.pdf

เกณฑ์คุณภาพตัวแบบ

1. Communality คือค่าเฉลี่ยของ r^2 ในบล็อก (r^2 คือ item reliability) เรียกอีกชื่อหนึ่งว่า Average Variance Extracted (AVE) ใช้ระบุว่าตัวแปรแฝงส่งผลไปสู่ตัวชี้วัดได้ดีเพียงใด เกณฑ์ขั้นต่ำคือ 0.5

$$\text{Com}_q = \frac{1}{P_q} \sum_p^{P_q} \text{corr}^2(x_{pq}, \xi_q)$$

โดยที่ P_q คือจำนวนตัวชี้วัดของบล็อกที่ q

2. ค่า R^2

1) $R^2 = 0.02$ ตัวแปรแฝงต้นทางมีความสำคัญน้อย

2) $R^2 = 0.13$ ตัวแปรแฝงต้นทางมีอิทธิพลมีความสำคัญปานกลาง

3) $R^2 = 0.26$ ตัวแปรแฝงต้นทางมีความสำคัญสูง

Lathan, H. and Ramli, N. A. (2013). The Results of Partial Least Squares-Structural Equation Modelling Analyses (PLS-SEM), Retrieved 1 June, 2018 from https://www.researchgate.net/profile/Hengky_Latan/publication/272304948_The_Results_of_Partial_Least_Squares-Structural_Equation_Modelling_Analyses_PLS-SEM/links/59e86340a6fdccfe7f8b49e9/The-Results-of-Partial-Least-Squares-Structural-Equation-Modelling-Analyses-PLS-SEM.pdf

เกณฑ์คุณภาพตัวแบบ

หมายเหตุ

CB-SEM software และ VB-SEM software วัดคุณภาพเครื่องมือต่างกัน

CB-SEM พัฒนาซอฟต์แวร์จากอัลกอริทึมที่ประมาณค่า linear model ด้วย multivariate normal distribution ประมาณค่าพารามิเตอร์คือ สปส เส้นทางต่างๆ ในตัวแบบด้วยการ minimize ความคลาดเคลื่อนระหว่างค่าประมาณ CV-matrix จากข้อมูลเชิงประจักษ์กับ CV-matrix ที่ได้มาจากตัวแบบที่ผ่านการวิเคราะห์จนพบคำตอบ (convergent) จึงใช้ fit index หลายตัว แต่ที่ใช้เป็นหลักคือ root mean square error ≤ 0.05 และ $\frac{\chi^2}{df} < 2$

และค่า fit index ประมาณ 0.9

เกณฑ์คุณภาพตัวแบบ

หมายเหตุ

VB-SEM พัฒนาจากอัลกอริทึมที่ประมาณค่าสมการถดถอยด้วย OLS คือ minimize sum square residual คือ $\frac{d}{d\beta} \sum_{i=1}^n e_i^2 = 0$ ไม่เกี่ยวข้องกับ covariance matrix จึงไม่มีการทดสอบความสอดคล้อง แต่ประเมินตัวแบบภายนอกและภายในด้วย

1. Convergent validity

loading เป็นปริมาณบวก, ไม่มีปัญหา item multicollinearity, มีนัยสำคัญ, มีค่าไม่ต่ำกว่า 0.707 หรือถ้าต่ำกว่า 0.707 ก็ต้องไม่ต่ำกว่า 0.5 เฉพาะบางตัวแต่ AVE ยังคงไม่ต่ำกว่า 0.5

2. Discriminant validity

HTMT < 1 (นักวิจัยใช้เกณฑ์ต่างกันแต่นิยมกำหนดให้ HTMT มีค่าไม่เกิน 0.85) หรือ cross correlation แยกจากกลุ่มตัวชี้วัดอย่างชัดเจนและมีค่าสูง, CR ≥ 0.6

วิธีอ้างอิงงานนำเสนอ

มนตรี พิริยะกุล (22 กันยายน 2564), การวิเคราะห์ mediation model และ Moderation model [สไลด์เพาเวอร์พ้อยท์] เรียกดูจาก

<http://www.research.ru.ac.th/>